الإسطرلاب

م. خالد العاني



الإسطرلاب (الشكل 1) هو اسم أطلق على عدة آلات فلكية استعملت لقياس ارتفاع الشمس أو أي نجم آخر، وبالتالي تحدد عدد الساعات التي انقضت من الليل أو النهار، وترى عليها خريطة البروج ومواقع النجوم. ولقد حلت به الكثير من المسائل التي لها صلة بعلم الفلك الكروي. ويصلح إلى جانب ما تقدم لأداء أعمال تتعلق بالمساحة، كحساب بعد مكان تعذر الوصول إليه وارتفاع بناء، وعمق بئر. كما استخدم في أعمال الملاحة البحرية. ومن البديهي ألا ينتظر الضبط المطلق من أداة صغيرة الحجم كالإسطرلاب حيث يؤثر على دقة قياساته حركة مبادرة الإعتدالين وتناقص ميل الدائرة الكسوفية، لاسيما إذا انقضت على صنعه سنوات طويلة. وكلمة الإسطرلاب معربة عن اليونانية تتألف من مقطعين «Astron» وتعني نجم، و«Lambahein» وهي المرآة، أي مرآة النجوم. ومن ذلك قيل لعلم النجوم «Astronomy».

لمحة تاريخية

أول ذكر صريح ورد للإسطرلاب كان في مدرسة الإسكندرية. ويقال إن أول من استخدم آلة لرصد السماء هو «أريستارخوس الساموسي» حوالي 230 ق.م. ويأتي بعده «هيبارخوس» بعد 127 ق.م، والذي تنسب إليه نظرية الإسقاط المجسم الستريوغرافي. إلا أن «بطليموس القلوذي» الذي عاش في الإسكندرية سنة 127 م هو أول من قدم وصفاً دقيقاً للإسطرلاب الكروي والمسطح وكيفية العمل بهما. وهو صاحب كتاب «المجسطي» الذي بقي مرجعاً لعلم الفلك زمناً طويلاً.

ومن أشهر العلماء الذين عنوا بالإسطرلاب العالم «ثيون الإسكندري» - ثاون الإسكندراني - الذي عاش في القرن الرابع الميلادي، وله كتاب «العمل بذات الحلق» وكتاب «العمل بالإسطرلاب». وقد انتشرت صنعة الإسطرلاب في حران ومنها انتقلت إلى العرب، حيث ظهر اهتمام العرب بعلوم الفلك وآلاته مع ظهور الإسلام لارتباط هذه العلوم بأحكام الشريعة، من تحديد لمواقيت الصلاة واتجاه القبلة وتعين بداية ونهاية شهر رمضان ومواقيت الحج.

أما أول من عمل إسطرلاباً في الإسلام فهو أبو إسحاق محمد بن إبراهيم الفزاري (ت 180 هـ) وهو من فلكيي الخليفة أبو جعفر المنصور وقد ألف كتاب «العمل بالإسطرلاب». [1]

وفي أواخر القرن الثاني للهجرة وضع المنجم «ما شاء ا بن آثري» كتاب «صنعة الإسطرلاب والعمل به» كما صنف فيه محمد بن موسى الخوارزمي (ت 232هـ) ووصفه أنه آلة لقياس النجوم. وفي هذا يقول ابن النديم: «وأول من عملها – أي الإسطرلابات – بطليموس وقيل أنها عملت قبله. وكانت الآلات تعمل بمدينة حران ومن ثم اتسع للصناع العمل في الدولة العباسية منذ أيام المأمون إلى وقتنا هذا. ولما أراد المأمون الرصد تقدم إلى ابن خلف المروذي وقد عمل له ذات الحلق، وقد عمل المروذي الإسطرلاب». [2] [3]

ثم انتشرت هذه الصنعة في ديار الإسلام واتسعت وعرفت أشكالاً جديدة سيرد ذكرها عند الحديث عن أنواع الإسطرلاب.

وصف الإسطرلاب وأنواعه

يقسم الإسطرلاب إلى ثلاثة أنواع رئيسية حسب نموذج إسقاط الكرة السماوية:

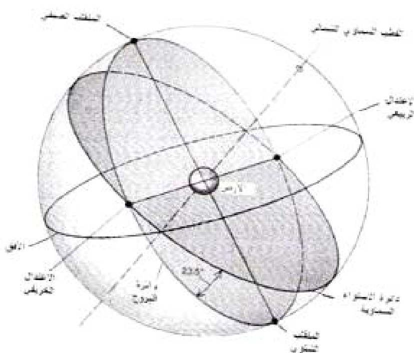
1- الإسقاط المستوي(stereo projection): هو إسقاط للكرة السماوية على سطح مستوٍ (الستريوغرافي).

2- الإسقاط الخطي (linear projection): وهو إسقاط المسقط المستوي على خط مستقيم.

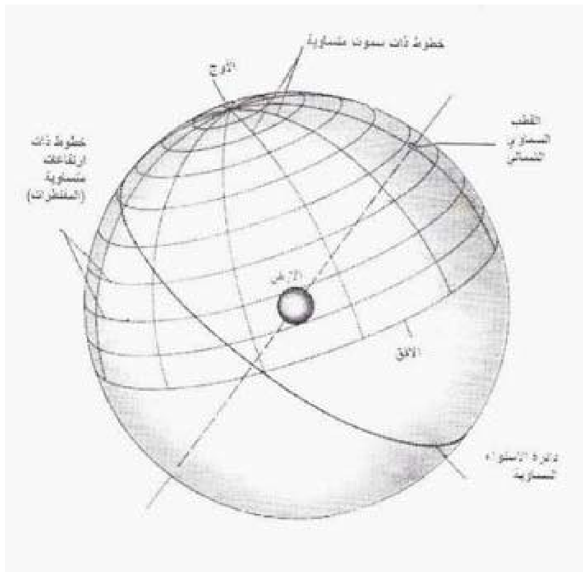
3- الإسقاط الكروي (spherical projection): وهو الكرة السماوية بذاتها بدون أي مسقط.

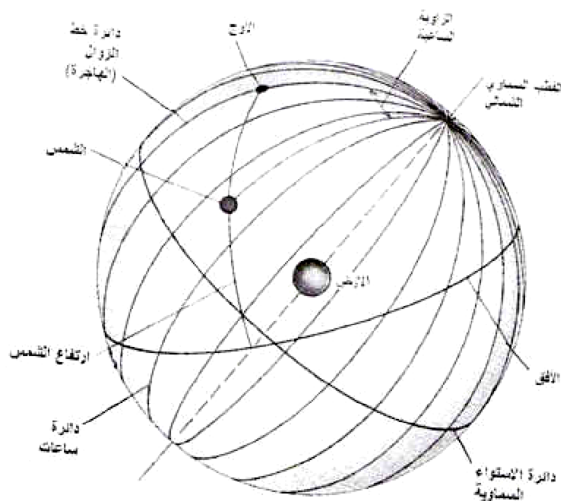
وأكثر الأنواع شهرة هو الإسطرلاب المسطح ويعتمد على نموذج الإسقاط المستوي ويتكون من صفائح وشبكة توضح عليها مواضع النجوم أثناء حركتها حول القطب السماوي.

تصور الكون في العصور الوسطى



تصور القدماء الكرة السماوية تدور حول الأرض، وبرأيهم فإن القطبيين السماويين ودائرة الاستواء السماوي ما هي إلا مساقط لقطبي الأرض ودائرتها الاستوائية على الكرة السماوية (الشكل 2). وتتحرك الشمس – كما تظهر للمراقب – في مسارات تختلف بحسب أوقات السنة. وتشكل مداراتها خلال العام مساراً دائرياً يسمى دائرة البروج. تتقاطع هذه الدائرة مع دائرة الاستواء السماوي يومي الاعتدال الربيعي والخريفي. أما يوم المنقلب الصيفي فيكون ارتفاع الشمس فوق دائرة الاستواء بمقدار 23.5 درجة وهو موقع مدار السرطان. أما يوم المنقلب الشتوي فيكون ارتفاع الشمس في دائرة البروج تحت دائرة الاستواء السماوي بمقدار 23.5 درجة وهو موقع مدار الجدي.





ودائرة البروج هي الدائرة التي تتكون من مواقع الشمس الظاهرة لنا خلال العام. أما الأفق بالنسبة للراصد فهو الحد الفاصل بين الجزء المرئي من السماء والجزء غير المرئي. فالراصد يرى من الكون الجزء المحيط به وهو نصف الكرة السماوية الواقع فوق الأفق الذي حوله.

ويظهر الشكل (3) دائرة الأفق حيث تصور القدماء دوائر موازية لها. وهي دوائر ذات ارتفاعات متساوية تصل إلى أعلى نقطة في الكون – فوق رأس الراصد – تسمى «نقطة الأوج» (zenith) أو سمت رأس الراصد، وتسمى هذه الدوائر «المقنطرات» (Almucantras). ويعامد المقنطرات دوائر تسمى «القسي» أو السموت السماوية – والقسي جمع قوس.

أما الشكل (4) فيظهر رحلة الشمس من حين شروقها حتى غروبها. إن الدائرة التي تبدأ بالقطب الشمالي وتمر بالشمس ثم تمتد إلى القطب الجنوبي ومنه إلى القطب الشمالي من الجهة الخلفية (للكون) تسمى خطوط الساعات أو دوائر الساعات. وفي وقت منتصف النهار أو وقت الهاجرة (Meridian) أو وقت الزوال تكون الدائرة الساعية فوق رأس الراصد مباشرة أي تمر على نقطة الأوج.

أنواع الإسطرلاب

1. الإسطرلاب الكروي.
2. الإسطرلاب المسطح.
3. الإسطرلاب التام.
4. الإسطرلاب الشامل.
5. الإسطرلاب الخطي.


اسطرلاب كروي

الإسطرلاب الكروي

في البداية رسم الفلكيون هذه الخطوط التي مرت بنا – المقنطرات، القسي، دوائر الساعات، البروج، الجدي، السرطان – في مجسم للكون دون الالتجاء إلى مسقط. ومثّـل هذا الإسطرلاب الحركة اليومية للكرة السماوية بالنسبة لأفق مكان ما، فهو إذن صالح لقياس ارتفاعات الكواكب عن الأفق وتعيين الزمن. عرف هذا الإسطرلاب بآلة ذات الحلق (Amillary sphere) (الشكل 5).

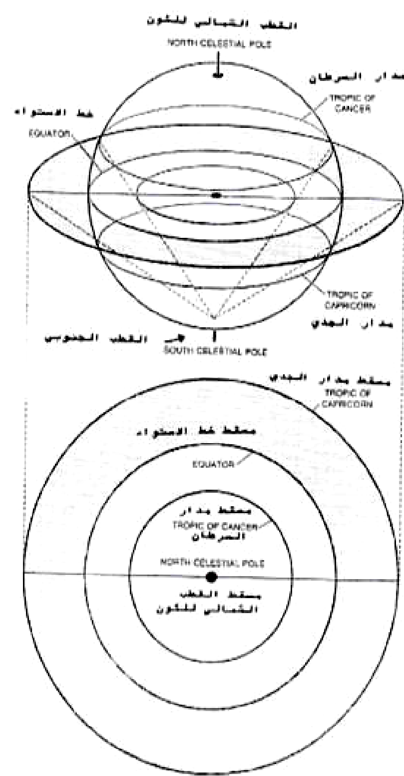
الإسطرلاب المسطح

رسم صانعو هذا الإسطرلاب المقنطرات ونقطة الأوج والقسي وخطوط الساعات على صفيحة دائرية، فتصوروا شعاعاً ينطلق من القطب الجنوبي، وأسقطوا مجسم الكون على صفيحة وضعت في مستوي دائرة الاستواء السماوي بحيث صار ظل مدار السرطان على الصفيحة هو الدائرة الصغرى، وأما ظل مدار الجدي هو الدائرة الكبرى، وظل مدار الاستواء بحجمه نفسه دون تغير لأن الصفيحة تنطبق عليه وسموه بالإسطرلاب الشمالي. ويظهر الشكل (6) مساقط كل من دائرة الاستواء ومدار الجدي والسرطان من خلال تصور ضوء انبعث من القطب الجنوبي. أما المقنطرات فمساقطها موضحة بالشكل (7) ويتوضع عليها أيضاً نقطة الأوج والقطب الشمالي. وبالطريقة نفسها رسمت مساقط القسي وخطوط دوائر الساعات كما هو موضح بالشكل (8). وبعد تجميع هذه المساقط التي مرت معنا تتكون لدينا صفيحة الإسطرلاب المبينة بالشكل (9).

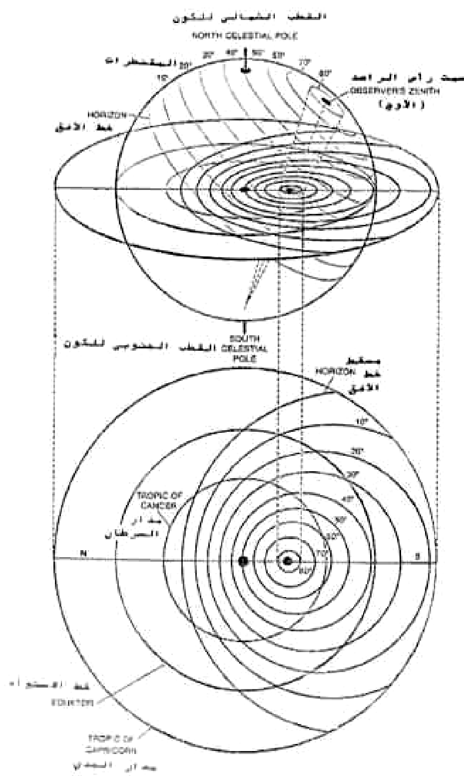
إن الصفيحة التي رسمت تصلح لخط عرض (Latitude) معين حسب موقع الراصد. لذا فالراصد يختار المدينة التي يقيم بها فيرسم الخطوط المناسبة لها في الصفيحة الأم المتوضعة في حجرة الإسطرلاب. كما أنه يرسم صفائح أخرى كل صفيحة منها تصلح لخط عرض معين.

أجزاء الإسطرلاب المسطح

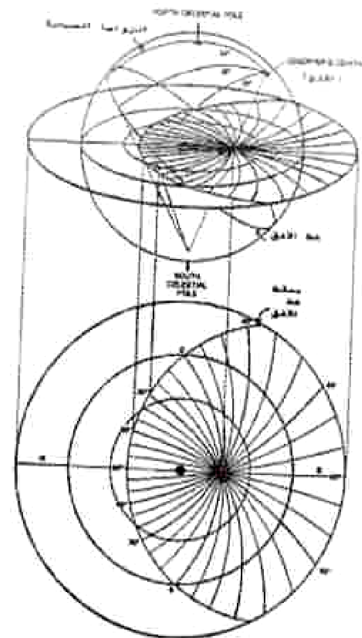
1. الحجرة أو الصفيحة الأم.
2. صفائح الأقاليم التي مرت معنا.
3. العنكبوت أو الشبكة، ويوضحها الشكل (10). وأهم ما ينقش على الشبكة دائرة البروج (zodiac) ودائرة مدار الجدي. ويتصل بالدائرتين أسهم مقوسة تسمى «الشظايا» (شظية كوكب أو مري كوكب). وكل واحد من هذه الشظايا (pointer) تمثل مسقط نجم أو كوكب من الأجرام الثابتة. تقسم دائرة البروج إلى اثني عشر قسماً، كل قسم يقابل 30 ° يمثل برجاً، وهذا التقسيم يبدأ من دائرة الاعتدال الربيعي. وللشبكة قبضة صغيرة تسمى «المدير» أو «المحرك» تستعمل لإدارة الشبكة حول محورها.



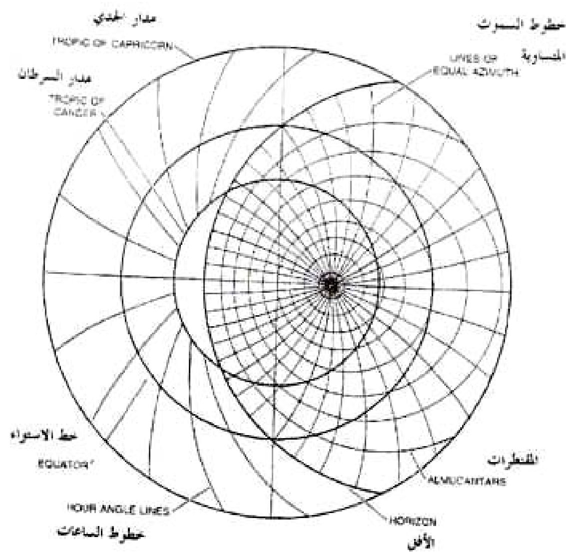
الشكل (6) مساقط كل من دائرة الاستواء ومدار الجدي والسرطان من خلال تصور ضوء انبعث من القطب الجنوبي.



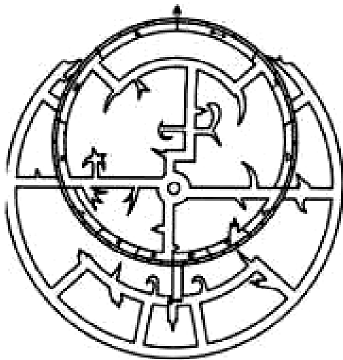
الشكل (7) مساقط المقنطرات ونقطة الأوج والقطب الشمالي.



الشكل (8) رسم القسي ودوائر الساعات.

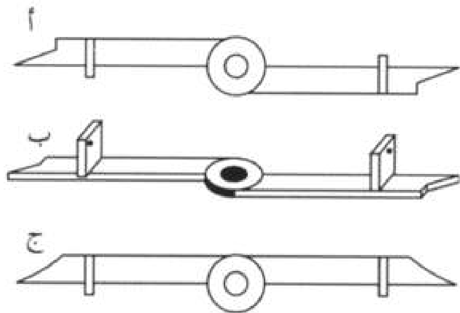


الشكل (9) صحيفة الإسطرلاب.


العنكبوت (الشبكة)

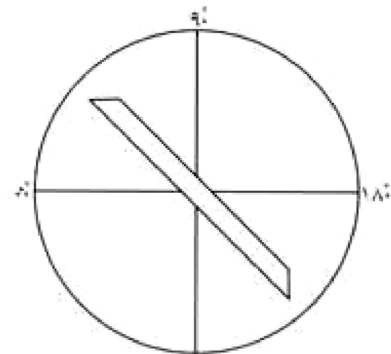
4. القطب أو المحور (axis): وهو دبوس معدني يدخل في ثقوب أجزاء الإسطرلاب ويثبتها ولا يسمح إلا بدوران الشبكة أو العضادة، وهما الجزءان الوحيدان المتحركان في الإسطرلاب. وفي القطب شق تدخل فيه قطعة معدنية مخروطة على شكل لولب برأس عريض تسمى «الغرس» فتمنعه من الانزلاق خارجاً وتحت الغرس حلقة أحكام واقية صغيرة تسمى «الفلس» تقي الشبكة من الاحتكاك وتوفر لها حرية الحركة.

5. العضادة (alidad) (وتسمى أيضاً المسطرة): وهي قطعة معدنية على شكل متوازي السطوح تركب على ظهر الإسطرلاب ويساوي طولها قطر الإسطرلاب. ولها ثقب في وسطها يدخل فيه المحور يسمح لها بالدوران. وينتهي ذراعا العضادة برأس محدد يسمى «الشطبة» ويسمى الخط الواصل بينهما بخط الترتيب وهو الحرف السفلي للعضادة. وعليها صفيحتين صغيرتين مستطيلتين قائمتين بالقرب من الرأسين تسمى الواحدة منهما «دفة» أو «لبنة». وفي كل دفة ثقب صغير يرصد فيه شعاع الشمس إذا كان الجو غائماً أو يرصد فيه النجوم أو القمر ويقع مركزهما فوق خط الترتيب، انظر الشكلين (11) و (12).



أنماط العضادة

6. ظهر الإسطرلاب: يقسم قطران متعامدان ظهر الإسطرلاب إلى أربعة أرباع، وتقسم الحافة الخارجية للربعين العلويين تسعين درجة عن اليمين وتسعين درجة عن اليسار ابتداء من خط الأفق. ويقرأ على التدريجات زاوية ارتفاع الشمس أو النجم الذي تحدده العضادة (الشكل 13 في الصفحة التالية). ويشاهد على الربعين السفليين خطوط أفقية وشاقولية تمثل مقادير الظل وظل التمام اللذان يسميهما العرب الظل المبسوط والظل المنكوس. وقد يكون الإسطرلاب «مجيباً» أي يمكن قراءة جيوب زوايا الارتفاع. وبهذا شكل الإسطرلاب آلة حساب محمولة وفرت على الفلكيين الكثير من الوقت والجهد في إجراء العمليات الحسابية، وقد عبر العرب عنها بـ «التسيير».



ظهر الاسطرلاب وفي وسطه العضادة

7. جهاز تعليق الإسطرلاب: ويتألف من ثلاثة أقسام هي:

آ- الكرسي: وهو قطعة مثلثة الشكل مثبتة بإحكام إلى جسم الإسطرلاب.

ب- العروة: ويسميها البعض «المحبس» فهي قطعة معدنية تتصل بأعلى الكرسي ويمكن إدارتها إلى الوجهين.

ج- الحلقة: هي قطعة معدنية تمر بالعروة تسمح بإدخال حبل أو خطاف يسمى «العلاقة» لتعليق الإسطرلاب (الشكل 14 في الأسفل).



ظهر اسطرلاب إسلامي من القرن الخامس الهجري/الحادي عشر الميلادي وفي وسطه العضادة



اسطرلاب إسلامي من النحاس المطعم بالفضة، صنع السهل الاسطرلابي في حماة - سورية سنة٦٩٨ هـ/١٢٩٩م (برسم خزانة الملك المظفر تقي الدين)



الإسطرلاب التام

الإسطرلاب التام هو إسطرلاب يحتوي على مساقط المقنطرات التسعين كلها، أما إذا قسمت المقنطرات إلى درجتين فدرجتين أو ثلاث درجات فثلاث أو خمساً فخمس أو ستاً فست أو تسعاً فتسع أو عشراً فعشر فيسمى عندئذ الإسطرلاب النصفي أو الثلثي أو الخمسي أو السدسي أو التسعي أو العشري.

اسطرلاب أوربي صنع عام ١٥٨٥م في نورنبورغ

اسطرلاب أوربي صنع جورج هارتمان
(نورنبورغ عام١٥٣٢م)

اسطرلاب إسلامي من النحاس الأصفر
المحفور، صنع أحمد بن محمد النقاش
(سرقوصة سنة٤٧٢هـ/١٠٧٩م)

الشكل (15): مجموعة أشكال من الإسطرلابات.

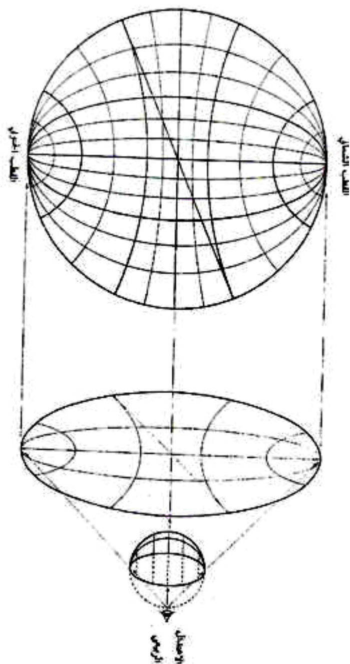
الإسطرلاب الشامل

يحتاج الإسطرلاب العادي إلى تبديل صفيحته مع كل خط عرض، وذلك لأن صفيحته تم رسمها حسب موقع الراصد، وهذا يجعل استخدامه محصوراً بعدد الصفائح المصنوعة له، فإذا تعددت صفائحه أصبح ثقيلاً وغالي الثمن. لذا فكر صانعوا الإسطرلاب بصنع إسطرلاب يمتلك صفيحة واحدة تصلح لجميع خطوط العرض وبدأت فكرة الإسطرلاب الشامل مع حبش الحاسب حين اخترع صفيحة سماها «الصفيحة الآفاقية» تصلح لجميع خطوط العرض.

وفي القرن الخامس الهجري ابتكر العالم الأندلسي علي بن خلف الشكاز صفيحة عرفت باسم «الشكازية» تتلخص فكرتها بتخيل ضوء ينطلق من نقطة الاعتدال الربيعي ويتم الإسقاط على المستوي المار من نقطتي المنقلب الصيفي والشتوي ويتعامد مع مستوي دائرة الاستواء السماوي، والصفيحة الناتجة عن هذا

الإسقاط تعطي مقطعاً عمودياً للكون طرفاه هما القطبان الشمالي والجنوبي للسماء. والشكل (17) يعطي فكرة عن كيفية رسم الصفيحة الشكازية.

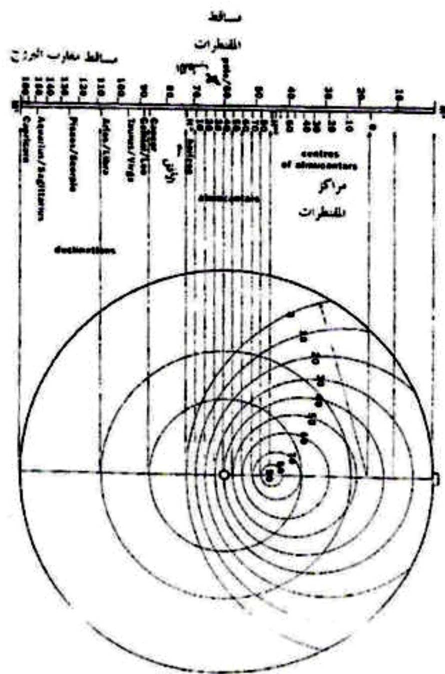
ثم جاء عالم معاصر للشكاز وهو إبراهيم بن يحيى المعروف بابن الزرقالة المتوفى عام 493هـ/1100م فطور الصفيحة الشكازية بأن رسم مسقطين: مسقطاً معامداً لدائرة الاستواء وآخر معامداً لدائرة البروج. وبرسم المسقطين فوق بعضهما البعض حصل على ما يعرف باسم الصفيحة «الزرقالية». ويبين الشكل (18) كيفية رسم الصفيحة الزرقالية والتي عرفت عند الأوربيين باسم «Azarchelis».

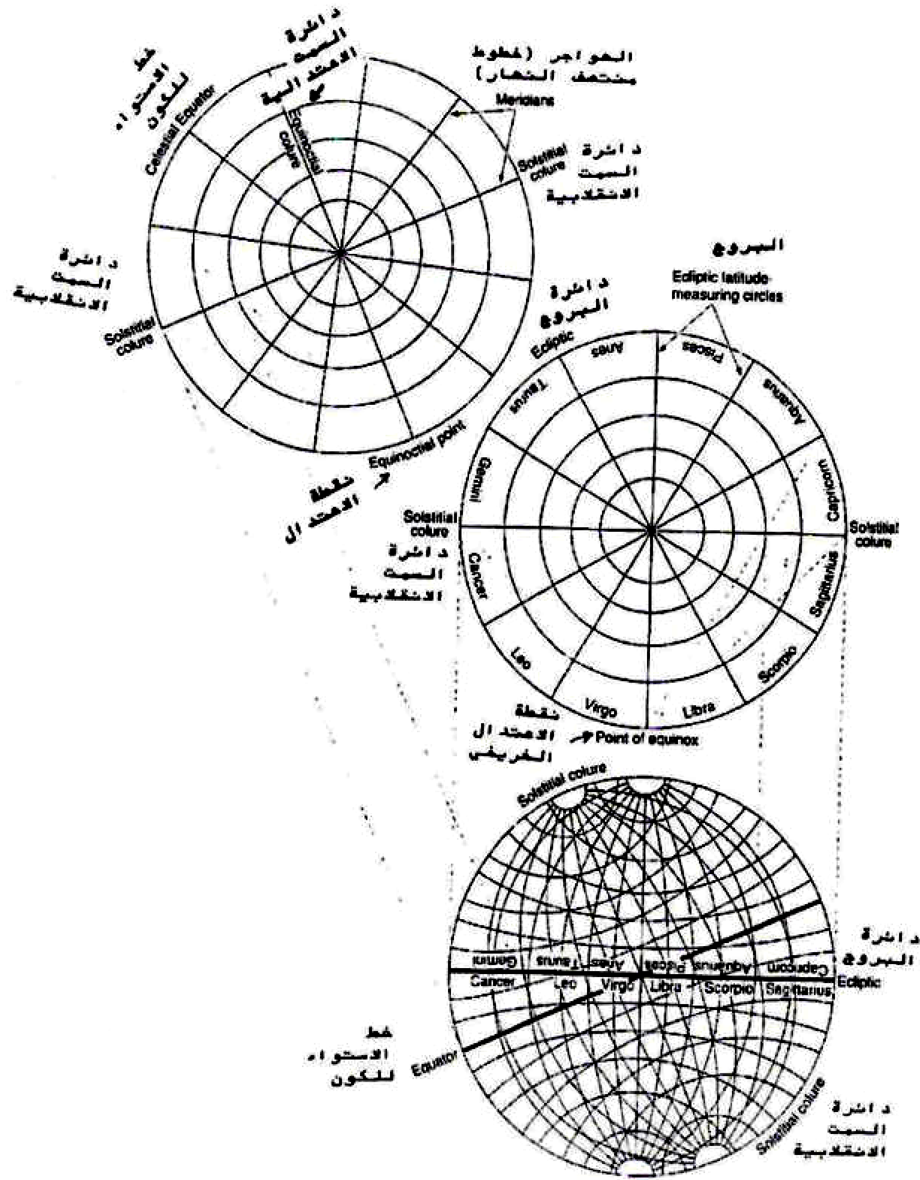

رسم الصفيحة الشكازية، بإسقاط أشعة صادرة من نقطة الاعتدال الربيعي على المستوى المعامد لخط الاستواء.

الإسطرلاب الخطي

توصل العالم المبدع شرف الدين الطوسي (توفي 606هـ/1209م) إلى فكرة إسقاط الصفيحة المستوية على خط مستقيم أحادي البعد وسما جهازه بالإسطرلاب الخطي وسماه الفلكيون من بعده «عصا الطوسي». وتمثل هذه الفكرة إحدى عبقريات الحضارة العربية الإسلامية لأنها اعتمدت على مفهوم فكرة الأبعاد والهندسة الوصفية التي لم تكن شائعة بين المشتغلين بالعلوم في القرون الوسطى.

وفي الإسطرلاب خيوط مربوطة بالعصا، وهي تصلح لقياس الزوايا. وبواسطة هذا الإسطرلاب يتيسر إجراء العمليات المألوف عملها بالإسطرلاب السطحي ولكن بغير الدقة الملحوظة في هذا الأخير. ويبين الشكل (17) كيفية رسم مسقط الإسطرلاب المستوي على خط مستقيم.


تصميم الأسطرلاب الخطي، برسم مسقط صفيحة الأسطرلاب على خط مستقيم.



الصفيحة الزرقالية عبارة عن تطوير للشكازية، فهي تنتج من رسم مسقطين من ضوء آت من نقطة الاعتدال الربيعي: أحد المسقطين هو مسقط المستوى المعامد لدائرة الاستواء، والآخر هو مسقط المستوى المعامد لدائرة البروج. وبرسم المسقطين فوق بعضهما نحصل على الصفيحة الزرقالية.

المؤلفات الخاصة بالإسطرلاب عند العرب

الرقم	اسم الكتاب	اسم المؤلف	سنة وفاته
1	العمل بالإسطرلاب المسطح	محمد بن إبراهيم الفزاري	180 هـ
2	العمل بالإسطرلاب (ذات الحلق)	محمد بن إبراهيم الفزاري	180 هـ
3	العمل بالإسطرلاب	أحمد بن عبد ا حبش الحاسب المروزي	250 هـ
4	صيغة الإسطرلاب المسطح	أحمد بن عبد ا حبش الحاسب المروزي	250 هـ
5	العمل بالإسطرلاب	محمد بن موسى الخوارزمي	232 هـ
6	صنعة الإسطرلابات والعمل بها	ما شاء ا بن أبثري	200 هـ
7	ذات الحلق	ما شاء ا بن أبثري	200 هـ
8	رسالة صنعة الإسطرلاب بالهندسة	الكندي	252 هـ
9	صنعة الإسطرلاب	أبو سهل يجن الكوهي	378 هـ
10	العمل بالإسطرلاب	أبو عبد الرحمن الصوفي	376 هـ
11	رسالة في الإسطرلاب	مسلمة بن أحمد المجريطي	398 هـ
12	رسالة في الإسطرلاب السرطاني	الأمير منصور بن علي بن عراق	420 هـ
13	الوجوه الممكنة في صنعة الإسطرلاب	أبو الريحان البيروني	440 هـ
14	العمل في الإسطرلاب	أبو الريحان البيروني	440 هـ
15	دوائر السماوات في الإسطرلاب	أبو الريحان البيروني	440 هـ
16	كتابان في آلة الإسطرلاب	ابن السمح المهري	446 هـ
17	رسالة في العمل بالإسطرلاب	أبو الصلت أمية بن عبد العزيز	529 هـ
18	معرفة الإسطرلاب	كوشيار بن لبان الجيلي	350 هـ
19	رسالة في الإسطرلاب الخطي	شرف الدين الطوسي	606 هـ
20	معرفة الإسطرلاب المسطح والعمل به	شرف الدين الطوسي	606 هـ
21	كتاب تسطيح الإسطرلاب	محي الدين المغربي	680 هـ
22	الإسطرلاب واستعماله	ابن البناء المراكشي	721 هـ
23	جامع المبادئ والغايات في علم الميقات	أبو علي المراكشي	721 هـ
24	رسالة في الإسطرلاب	ابن الشاطر الدمشقي	777 هـ
25	مختصر في العمل بالإسطرلاب	ابن الشاطر الدمشقي	777 هـ
26	بهجة الطلاب في الإسطرلاب	محمد الفاسي الروداني	1094 هـ
27	تحفة أولي الألباب في العمل بالإسطرلاب	محمد بن محمد الفاسي	1094 هـ

مراجع البحث

1- لطف ا القادري، الإنجازات العالمية للعرب والمسلمين في القرون المتأخرة، الدار العربية للموسوعات، ط1 2006.

2- دائرة المعارف الإسلامية، مادة الإسطرلاب ج2 ص114-118، تأليف C.A.Nallino.

3- الموسوعة العربية، مادة الإسطرلاب.

4- الزركلي، الأعلام.

5- قدري حافظ طوقان، تراث العرب العلمي في الرياضيات والفلك.

6- الفهرست لإبن النديم.

7- القفطي، أخبار العلماء بأخبار الحكماء.

8- حاجي خليفة، كشف الظنون ج1.

9- قاموس المورد.

الحواشي

1. ابن النديم، الفهرست، ص381.
2. ابن النديم ص396.
3. حوالي سنة 377 هـ.

